



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE



Commissario di Governo per le Bonifiche e  
la Tutela delle Acque nella Regione Campania



REGIONE CAMPANIA

### ACCORDO DI PROGRAMMA

Per la definizione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle aree comprese  
nel Sito di Interesse Nazionale di Napoli Orientale



## INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E BONIFICA DELLA FALDA DEL SIN NAPOLI ORIENTALE E REALIZZAZIONE DELLA PRIMA FASE ATTUATIVA PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato		Elaborato				
RELAZIONE DI CALCOLO DELL'IMPIANTO TAF		ED 11				
Redatto da		<b>Il Responsabile del Procedimento</b> <b>Ing. Pasquale PARENTE</b>				
 <b>SOGESID</b> <b>Project Manager :</b> <b>Ing. Rosanna GRADO</b> 						
<b>IL DIRETTORE TECNICO</b> <b>Ing. Carlo MESSINA</b>  		<b>GRUPPO DI LAVORO</b> <b>Ing. R. GRADO</b> (opere di bonifica, civili, idrauliche, monitoraggio) <b>Ing. M.T. BERNARDO</b> (Interferenze, impianto trattamento, espropri) <b>Geol. P. MARTINES</b> (geologia, sismica) <b>Geol. A. CARLONI</b> (modello idrogeologico) <b>Biol. S. RANIA</b> (analisi contaminazione, studi ambientali, monitoraggio) <b>Arch. E. CONFORTI</b> (studio urbanistico) <b>Ing. G. LA CORTE</b> (strutture, geotecnica) <b>Ing. B. FERRARO</b> (elaborati economici) <b>Ing. L. PERGAMO</b> (rilievo) <b>Ing. F. RIBOLDI</b> (Impianto trattamento) <b>Geom. A. DE AMICIS</b> (sicurezza) <b>Arch. S. CICINELLI - Geom. M. TEMPESTA - Dott.ssa F. MONCADA</b> (elaborati grafici)				
Cod. Commessa	Codice			Nome file	Data : Maggio 2016	
CAM 805	PD	ED	0 1 1	CAM805_PDEG011_2		
Rev.	Data	Descrizione modifica			verificato	approvato
0	lug/2015	1ª Emissione				
1	gen/2016	2ª Emissione CdS Istruttoria MATTM 7/10/2015				
2	mag/2016	3ª Emissione Riunione Tecnica MATTM 8/4/2016				

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Opere di Prima fase.....</b>	<b>4</b>
<b>3. DATI DI DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. PROCESSO DI TRATTAMENTO .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 Torrino di carico e vasca di sollevamento .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2 Ossidazione avanzata .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3 Filtrazione su carbone attivo .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4 Disinfezione con raggi ultravioletti .....</b>	<b>19</b>
<b>4.5 Vasca di accumulo .....</b>	<b>19</b>
<b>4.6 Linea Fanghi .....</b>	<b>19</b>
4.6.1 Ispessimento statico.....	20
4.6.2 Disidratazione meccanica con centrifuga.....	20
4.6.3 Accumulo fanghi .....	21
<b>4.7 Scelta delle pompe .....</b>	<b>21</b>
4.7.1 Vasca di sollevamento adiacente il torrino di carico.....	21
4.7.2 Vasca di accumulo .....	22
4.7.3 Vasca di alimentazione filtri .....	22
4.7.4 Vasca di sollevamento a valle della filtrazione a carboni attivi.....	22
4.7.5 Pozzetto di sollevamento fanghi all'ispessimento .....	23
4.7.6 Pozzetto di ricircolo surnatanti.....	23
<b>5. FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO DELLA I FASE.....</b>	<b>24</b>
<b>6. EFFICACIA DEL TRATTAMENTO.....</b>	<b>26</b>
<b>7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>	<b>29</b>

## **1. PREMESSA**

Si prevede che le acque emunte dalle opere di bonifica vengano collettate tramite sollevamento all'impianto TAF, localizzato in una porzione libera di circa 2 ha, posta all'interno dell'area destinata all'impianto di depurazione di Napoli Est.

Tale area del TAF, inizialmente individuata e comunicata dalla Direzione Generale Ambiente della Regione Campania con nota prot. n. 0724295 del 30/10/2014, ricade, come rappresentato dalla Regione Campania nell'ambito della stessa riunione, all'interno di una perimetrazione più ampia, indicata in D.G.R. n. 578 del 2 Agosto 2010, su cui grava il vincolo relativo alla realizzazione del Termovalorizzatore di Napoli previsto per Legge.

Poiché tale vincolo formalmente ancora sussiste, sebbene la Sogesid S.p.A. abbia più volte manifestato e reiterato la richiesta di una formale comunicazione in ordine all'effettiva possibilità di utilizzare l'area individuata, ad oggi si attende l'atto definitivo di destinazione.

In seguito alla nota prot. 767716/2015 datata 07.10.2015 inviata dal Comune di Napoli al MATTM in occasione della Conferenza dei Servizi istruttoria, è stata rimessa in discussione la localizzazione del TAF, per cui il MATTM ha chiesto alla Regione di esprimersi in merito alle nuove indicazioni del Comune.

Nella riunione del 21.10.2015, come da relativo verbale, è stata definita l'area da destinare all'impianto TAF, ma risulta ancora in vigore il citato D.G.R. n. 578 del 2 Agosto 2010. Tale area risulta sufficiente alla realizzazione dell'impianto completo di tutte le opere accessorie necessarie al suo funzionamento. Per quanto riguarda i costi aggiuntivi previsti dalla soluzione cui si è addivenuti, questi risultano trascurabili poiché riguardano soltanto la realizzazione di un nuovo ingresso, fermo restando che, durante l'esecuzione delle opere potrà essere ancora utilizzato l'ingresso esistente.

## 2. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'INTERVENTO

L'intervento complessivo di messa in sicurezza e bonifica della falda del SIN di Napoli Orientale, quindi, sarà realizzato mediante la posa in opera barriere idrauliche, con la funzione sia di messa in sicurezza che di Pump & Treat, costituite da pozzi o dreni installati strategicamente nei pressi delle aree maggiormente contaminate allo scopo di impedire che gli inquinanti arrivino ai corpi idrici recettori, soprattutto il mare, o ai veicoli di diffusione costituiti dall'alveo del Sebeto e da alcuni tratti drenanti della rete di bonifica e di collettamento.

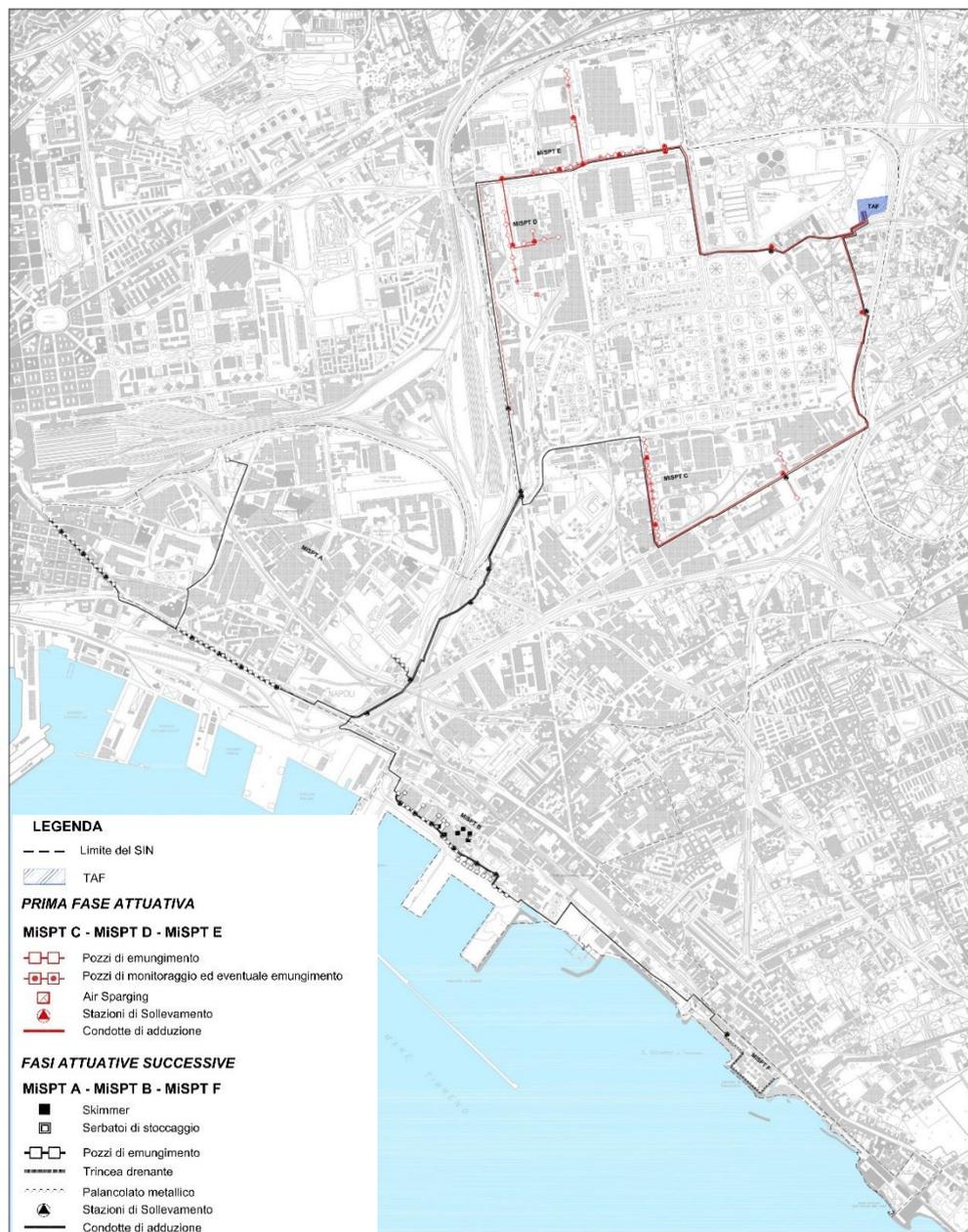


Figura 2.1 – Planimetria di progetto con le opere complessive previste per la Messa in Sicurezza e bonifica.

In sintesi, il progetto prevede:

- ✓ **MiSPT (Messa in Sicurezza e Pump & Treat)**, cioè delle barriere idrauliche o campi realizzati con pozzi di emungimento o con trincee drenanti che captano le acque di falda contaminate da portare a trattamento; tali opere sono state localizzate nelle aree maggiormente inquinate e dimensionate secondo le risultanze del modello idrogeologico con cui è stato simulato l'andamento della falda idrica sotterranea.
- ✓ **Opere di adduzione al TAF** delle acque di falda emunte, realizzate mediante condotte in PEad, interrato per la maggior parte del percorso, che funzionano soprattutto mediante sollevamento; il sistema di adduzione sarà completo di tutte le opere di linea necessarie al corretto funzionamento, alla manutenzione e al controllo (stazioni di sollevamento, condotte di mandata, pozzetti di ispezione, apparecchiature idrauliche, etc.), e al superamento delle interferenze determinate dall'incrocio con sottoservizi a rete esistenti incontrati lungo il percorso e di cui è ricca l'area di intervento.
- ✓ **Palancolati metallici**, realizzati mediante vibro-infissione nel terreno di palancole in acciaio dotate di giunti impermeabilizzati con riempimento poliuretano idroespandente. Le palancole previste non sono finalizzate al marginamento fisico della falda, ma hanno lo scopo di limitare l'afflusso di acqua di mare nella MiSPT F, localizzata nel sito del depuratore di San Giovanni (attualmente dismesso).
- ✓ **Impianto di trattamento delle acque di falda (TAF)**, che tratterà una portata di falda media, in condizioni di morbida, pari a circa 257,58 m<sup>3</sup>/h. L'impianto è localizzato in un'area libera all'interno del sito di Napoli Est in cui, oltre alle opere di adeguamento del depuratore urbano e alle opere del TAF, si prevedeva di realizzare anche il termovalorizzatore di Napoli.
- ✓ **Opere di ripristino della pavimentazione stradale** esistente, di cui in progetto si prevede il taglio e la rimozione per le porzioni interessate dagli scavi necessari alla realizzazione delle opere di captazione e di adduzione al TAF. Il ripristino, effettuato con le stesse caratteristiche della pavimentazione esistente, interesserà generalmente una porzione maggiorata di sede stradale, mentre, per le strade che sono state oggetto di riqualificazione, si prevede il ripristino del mantello di usura per l'intera metà carreggiata.
- ✓ **Approntamento del cantiere** principale e di quelli secondari mobili posizionati lungo il percorso delle tubazioni e delle opere di bonifica, comprese le strutture e le opere provvisorie necessarie allo svolgimento delle attività e all'adempimento degli obblighi derivanti dai piani di sicurezza (baraccamenti, servizi, dispositivi di protezione, impianti di betonaggio, aree gestione materiali e mezzi di cantiere, etc.);
- ✓ **Sistemi di monitoraggio** delle acque di falda, finalizzati sia alla verifica dell'efficacia degli interventi previsti, sia all'approfondimento delle conoscenze dello stato della falda per accertare eventuali fenomeni di inquinamento in aree attualmente non caratterizzate, o per verificare la qualità delle acque di falda in ingresso al SIN e provenienti dal tessuto cittadino di monte, in cui si trovano stazioni ferroviarie nonché quartieri storicamente sede di concerie e industrie di lavorazione delle pelli;
- ✓ **Sistemi di prevenzione e contenimento**, cioè opere di:
  - rilevamento automatizzato delle perdite, integrato nelle tubazioni di adduzione;
  - telerilevamento e controllo da remoto dei parametri di funzionamento delle apparecchiature idrauliche di drenaggio, di quelle di adduzione e di quelle dell'impianto TAF (comprese le opere di scarico).

Il sistema previsto è in grado di interrompere immediatamente l'intero apparato o una sua parte in caso di malfunzionamento o di rilevamento perdite, in modo da salvaguardare l'ambiente; in tale sistema di prevenzione rientrano anche il sistema di rilevazione perdite

- e le opere di impermeabilizzazione dei manufatti in calcestruzzo, anche se prefabbricati (stazioni di sollevamento, pozzetti etc.);
- ✓ **Dismissione del cantiere e ripristino** delle aree utilizzate, che saranno riportate allo stato originale.

## 2.1 OPERE DI PRIMA FASE

In progetto, in particolare, sono previsti sei sistemi di messa in sicurezza e bonifica della falda, localizzati in tre macro-aree del SIN, in particolare:

- ✓ la MiSPT A, lungo il confine sud ovest del SIN nei quartieri Mercato e Zona Industriale;
- ✓ la MiSPT B e la MiSPT F, a sud del SIN, nella zona litoranea che va dall'area dell'Autorità Portuale all'ex depuratore di San Giovanni a Teduccio;
- ✓ le MiSPT C, D ed E che si trovano la prima nell'area centrale del SIN e le altre nell'area centro settentrionale del SIN, immediatamente a valle del rione Cesare Battisti.

Poiché tali interventi risultano localizzati in aree molto diverse tra loro per caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, tipologia di tessuto industriale e stato di avanzamento delle attività di caratterizzazione, nella riunione tecnica del MATTM dell'8 aprile u.s., si è deciso di articolare la realizzazione dell'intervento in tre fasi, dando "priorità ad una prima fase comprendente le aree a monte del SIN (aree di competenza KRC e limitrofe, deposito Esso, Fintecna, ecc.)".

Per tali aree, interessate dalle MiSPT C, D ed E, è stato anche deciso di implementare anche un modello idrogeologico di dettaglio a scala di macro-area e il relativo modello di diffusione della contaminazione, che ha consentito di meglio specificare le opere di progetto di I fase e di simularne il funzionamento per la verifica dell'efficacia.

Le opere di prima fase, riportate nell'elaborato grafico di progetto PDEG007 "Planimetria generale dell'intervento", comprendono:

- ✓ n.3 dei complessivi n.6 sistemi di Messa in Sicurezza e bonifica della falda mediante Pump & Treat, cioè le MiSPT C, D ed E localizzate nell'area centrosettentrionale del SIN;
- ✓ le opere idrauliche, complete di tutte le apparecchiature necessarie al loro funzionamento e controllo, necessarie ad addurre al TAF le acque emunte da tali MiSPT;
- ✓ l'impianto TAF necessario al trattamento delle acque di falda emunte dalle MiSPT di prima fase; in particolare, poiché il TAF previsto in progetto prevede la realizzazione di due linee parallele, in I fase sarà realizzata una delle due linee, sufficiente a trattare la portata prevista in I fase;
- ✓ le opere di ripristino della pavimentazione esistente, relative agli interventi di MiSPT e di adduzione sopra citati e che si sviluppano lungo la viabilità o su piazzali esistenti;
- ✓ l'approntamento del cantiere generale e dei cantieri secondari necessari;
- ✓ i sistemi di monitoraggio dell'efficacia dell'intervento inerenti le MiSPT di prima fase, nonché tutti i piezometri inerenti il monitoraggio conoscitivo, in modo da implementare le conoscenze sull'attuale stato della contaminazione prima di realizzare gli interventi delle fasi successive;
- ✓ i sistemi di prevenzione e contenimento, cioè rilevamento delle perdite e sistema di telecontrollo, inerenti le opere di emungimento e adduzione al TAF dell'area centro settentrionale;
- ✓ dismissione del cantiere e ripristino delle aree utilizzate, che saranno riportate allo stato originale.

### 3. DATI DI DIMENSIONAMENTO

Per il dimensionamento dell'impianto di trattamento si è tenuto conto, da un lato della composizione attesa delle acque di falda contaminate in ingresso, dall'altro dei valori massimi accettabili di contaminanti presenti nell'effluente in uscita.

In particolare, per quanto riguarda la composizione delle acque in ingresso, sono stati considerati, per ciascuna MiSPT, i dati analitici provenienti da quei piezometri che, secondo quanto descritto dal modello idrogeologico, ricadono nell'area di falda intercettata dalla MiSPT.

La contaminazione riscontrata nelle zone in cui è prevista la realizzazione degli interventi è sintetizzabile come di seguito riportato:

- ✓ **MISPT A:** è riconducibile a **metalli** (Al, Sb, Cr totale, Fe, Hg, Ni, Pb, Se, Mn), **composti organici aromatici** (benzene), **idrocarburi policiclici aromatici** (benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, dibenzo(a,h)antracene, indenopirene), **composti alifatici clorurati cancerogeni** (cloruro di vinile, 1,2 dicloroetano, 1,1 dicloroetilene, tricloroetilene e tetracloroetilene) e **non cancerogeni** (1,2 dicloropropano, 1,1,2 tricloropropano e 1,1,2,2 tetracloroetano), **composti alifatici alogenati cancerogeni** (tribromometano, 1,2 dibromoetano, dibromoclorometano e bromodiclorometano), **clorobenzeni** (1,4 diclorobenzene e esaclorobenzene), **PCB, Idrocarburi totali**;
- ✓ **MISPT B:** è riconducibile a **metalli** (Al, Sb, As, Fe, Hg, Ni, Pb, Mn), **composti inorganici** (fluoruri, boro e nitriti), **idrocarburi policiclici aromatici** (benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, dibenzo(a,h)antracene, indenopirene), **composti alifatici clorurati cancerogeni** (cloruro di vinile, 1,1 dicloroetilene, tricloroetilene e tetracloroetilene) e **non cancerogeni** (1,2 dicloroetilene, 1,2 dicloropropano, 1,2,3 tricloropropano e 1,1,2,2 tetracloroetano), **composti alifatici alogenati cancerogeni** (1,2 dibromoetano), **PCB, Idrocarburi totali**;
- ✓ **MISPT C:** è riconducibile a **metalli** (Sb, As, Cr totale, Fe, Hg, Ni, Se, Mn, Tl), **composti inorganici** (fluoruri), **composti organici aromatici** (benzene, etilbenzene, toluene e p-xilene), **idrocarburi policiclici aromatici** (benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, dibenzo(a,h)antracene, indenopirene), **composti alifatici clorurati cancerogeni** (riclorometano, cloruro di vinile, 1,1 dicloroetilene, tricloroetilene e tetracloroetilene) e **non cancerogeni** (1,2 dicloroetilene, 1,2,3 tricloropropano e 1,1,2,2 tetracloroetano), **composti alifatici alogenati cancerogeni** (tribromometano, 1,2 dibromoetano), **clorobenzeni** (1,4 diclorobenzene e esaclorobenzene), **Idrocarburi totali, MTBE**;
- ✓ **MISPT D:** è riconducibile a **metalli** (Al, As, Fe, Se, Mn, Tl), **idrocarburi policiclici aromatici** (dibenzo(a,h)antracene), **composti alifatici clorurati cancerogeni** (triclorometano, 1,1 dicloroetilene, tricloroetilene e tetracloroetilene) e **non cancerogeni** (1,2,3 tricloropropano), **clorobenzeni** (monoclorobenzene, 1,4 diclorobenzene e esaclorobenzene);
- ✓ **MISPT E:** è riconducibile a **metalli** (Al, As, Cr VI, Fe, Hg, Ni, Pb, Mn, Tl), **composti inorganici** (fluoruri, solfati e nitriti), **idrocarburi policiclici aromatici** (benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(k)fluorantene, benzo(g,h,i)perilene, dibenzo(a,h)antracene, indenopirene), **composti alifatici clorurati cancerogeni** (triclorometano, cloruro di vinile, 1,1 dicloroetilene, tricloroetilene, tetracloroetilene e esaclorobutadiene) e **non cancerogeni** (1,2 dicloropropano, 1,1,2 tricloropropano, 1,2,3 tricloropropano e 1,1,2,2 tetracloroetano), **PCB, Idrocarburi totali**;

- ✓ **MISPT F:** è riconducibile a **metalli** (As, Cr totale, Ni, Mn), **composti alifatici clorurati cancerogeni** (triclorometano, 1,1 dicloroetilene e tricloroetilene) e **non cancerogeni** (1,2,3 tricloropropano e 1,1,2,2 tetracloroetano), **Idrocarburi totali**;

Le acque di falda, quindi, vengono raccolte mediante quattro distinti sistemi di collettamento, ciascuno senza soluzione di continuità:

- ✓ uno a servizio della MiSPT A;
- ✓ uno a servizio delle MiSPT B ed F,
- ✓ uno a servizio della MiSPT C;
- ✓ uno a servizio delle MiSPT D ed E.

e arrivano all'impianto di trattamento, dimensionato e progettato, tenendo conto della descritta tipologia degli analiti presenti e nel rispetto della salute umana e dell'ambiente. La portata media complessiva da trattare, in condizioni di morbida, è di circa 6.181,9 m<sup>3</sup>/giorno.

Lungo i collettori di adduzione al TAF sono previsti una serie di sollevamenti.

Nella scelta del livello di trattamento cui sottoporre le acque di falda, si era inizialmente tenuto conto di quanto previsto dal comma 4 dell'art. 243 del D.Lgs. 152/2006, come modificato dal DL 69/2013 (c.d. "*decreto del fare*"), che prevede che, in presenza di sistema di collettamento continuo delle acque di falda all'impianto TAF, lo scarico può rispettare i limiti della Tab.3 dell'All.5 alla Parte III del citato D.Lgs. 152/06.

Per i parametri non compresi in tale tabella, si era deciso di far riferimento alle CSC (Tab.2 dell'All.5 alla Parte V del D.Lgs.152/06), mentre soltanto per i solventi clorurati, in relazione alle loro caratteristiche di cancerogenità, tossicità e di persistenza nell'ambiente, si era scelto di considerare le CSC anche in presenza di un limite di Tab.3, che però si riferisce all'intera famiglia e non ai singoli analiti.

In seguito alla riunione tecnica dell'8 aprile u.s. si è deciso di utilizzare come obiettivi di bonifica le CSC per gli analiti per i quali nella citata Tab.3 dell'All.to 5:

- ✓ non è presente il limite allo scarico;
- ✓ non è riportato il limite allo scarico per il singolo analita, ma una sommatoria per l'intera famiglia.

La seguente Tabella 3.1 confronta i limiti di Tabella 2 Parte IV del D.Lgs. 152/06, CSC per le acque sotterranee, ai limiti di Tabella 3 Parte III del D.Lgs. 152/06, limiti per lo scarico in acque superficiali, quindi sono riportati gli obiettivi di bonifica scelti nella riunione tecnica del MATTM del 08.04.2016 per le acque in uscita al TAF e da recapitare in corpo idrico superficiale, in relazione ai quali è stato dimensionato l'impianto e le necessità di trattamento o abbattimento per ciascun analita considerato.

Concentrazioni Soglia di Contaminazione - CSC (Tab.2, ALL.5, Parte IV, D.Lgs. 152/06)			Limite scarico in acque superficiali (Tab.3, All.5, parte III del D.Lgs 152/06)			Obiettivi di bonifica (modificati secondo riunione tecnica MATTM 08.04.2016)
	Analita	[µg/L]	Analita	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]
<b>Metalli</b>	Alluminio	200	Alluminio	≤ 1	1.000	1.000
	Antimonio	5				5
	Argento	10				10
	Arsenico	10	Arsenico	≤ 0,5	500	500
	Berillio	4				4
	Cadmio	5	Cadmio	≤ 0,02	20	20
	Cobalto	50				50
	Cromo totale	50	Cromo totale	≤ 2	2.000	2.000
	Cromo VI	5	Cromo VI	≤ 0,2	200	200
	Ferro	200	Ferro	≤ 2	2.000	2.000
	Mercurio	1	Mercurio	≤ 0,005	5	5
	Nichel	20	Nichel	≤ 2	2.000	2.000
	Piombo	10	Piombo	≤ 0,2	200	200
	Rame	1000	Rame	≤ 0,1	100	100
	Selenio	10	Selenio	≤ 0,03	30	30
Manganese	50	Manganese	≤ 2	2.000	2.000	
Tallio	2				2	
Zinco	3000	Zinco	≤ 0,5	500	500	
<b>Composti inorganici</b>	Boro	1000	Boro	≤ 2	2.000	2.000
	Cianuri	50				50
	Fluoruri	1500	Fluoruri	≤ 6	6.000	6.000
	Nitriti	500	Nitriti	≤ 0,6	600	600
	Solfati	250.000	Solfati	1000	1.000.000	1.000.000
<b>Composti organici aromatici</b>	Benzene	1	solventi organici aromatici	≤ 0,2	200	1
	Etilbenzen	50				50
	Stirene	25				25
	Toluene	15				15
	p-xilene	10				10
<b>Idrocarburi policiclici aromatici</b>	Benzo(a)antracene	0,1				0,1
	Benzo(a)pirene	0,01				0,01
	Benzo(b)fluorantene	0,1				0,1
	Benzo(k)fluorantene	0,05				0,05
	Benzo(g,h,i)perilene	0,01				0,01
	Crisene	5				5
	Dibenzo(a,h)antracene	0,01				0,01
	Indenopirene	0,1				0,1
	Pirene	50				50
Sommatoria IPA	0,1				0,1	
<b>Composti alifatici clorurati cancerogeni</b>	Clorometano	1,5				1,5
	Triclorometano	0,15				0,15
	Cloruro di vinile	0,5				0,5
	1,2-dicloroetano	3				3
	1,1-dicloroetilene	0,05				0,05
	Tricloroetilene	1,5				1,5
	Tetracloroetilene	1,1				1,1
	Esaclorobutadiene	0,15				0,15
Σ Organoclorogeni	10				10	
<b>Composti alifatici clorurati non cancerogeni</b>	1,1-dicloroetano	810	come solventi clorurati	≤ 1	1.000	810
	1,2-dicloroetilene	60				60
	1,2-dicloropropano	0,15				0,15
	1,1,2-tricloroetano	0,2				0,2
	1,2,3-tricloropropano	0,001				0,001
	1,1,2,2-tetracloroetano	0,05				0,05
<b>Composti alifatici alogenati cancerogeni</b>	Tribromometano	0,3				0,3
	1,2-dibromometano	0,001				0,001
	Dibromoclorometano	0,13				0,13
	Bromodichlorometano	0,17				0,17
<b>Nitrobenzeni</b>	Nitrobenzene	3,5	come solventi organici azotati	≤ 0,1	100	3,5
	1,2-dinitrobenzene	15				15
	1,3-dinitrobenzene	3,7				3,7
	Cloronitrobenzene	0,5				0,5
<b>Clorobenzeni</b>	Monoclorobenzene	40	come solventi clorurati	≤ 1	1.000	40
	1,2-diclorobenzene	270				270
	1,4-diclorobenzene	0,5				0,5
	1,2,4-triclorobenzene	190				190
	1,2,4,5-tetraclorobenzene	1,8				1,8
	Pentaclorobenzene	5				5
Esaclorobenzene	0,01				0,01	
<b>Fenoli e Clorofenoli</b>	2-clorofenolo	180	2 clorofenolo			180
	2,4-diclorofenolo	110	2,4 diclorofenolo			110
	2,4,6-triclorofenolo	5	2,4,6 triclorofenolo			5
	Pentaclorofenolo	0,5	pentaclorofenolo			0,5
<b>Altre sostanze</b>	PCB	0,01	PCB			0,01
	Acilammide	0,1	acrilammide			0,1
	Idrocarburi totali	350	Idrocarburi totali (n-esano)			350
	Pb tetraetile	0,1				0,1
	MTBE	20	MTBE			20

Tabella 3.1 - Valori limiti di emissione di progetto, su cui si basa la presente verifica di conformità di scarico in corpo idrico superficiale.

Per la determinazione della contaminazione attesa dell'acqua di falda addotta al TAF, si è fatto riferimento ai dati analitici dei piezometri ricadenti nell'area intercettata dagli interventi. Inoltre, in considerazione del fatto che l'intervento in oggetto risulta essere un intervento di bonifica, si è ritenuto di dover adottare un approccio prudente nella scelta delle concentrazioni di interesse di ingresso all'impianto TAF, assumendo l'85° percentile come valore rappresentativo per la determinazione della qualità attesa dell'acqua in arrivo all'ingresso del TAF, anche in relazione alla localizzazione degli interventi di MiSPT nelle immediate vicinanze delle aree contaminate, al fine di limitare al massimo l'emungimento di acque non contaminate.

In particolare sono state effettuate le simulazioni per verificare la composizione delle acque in ingresso al TAF adottando l'80°, l'85°, il 90° e il 95° percentile, nonché il valore massimo di concentrazione e sono state discusse nella riunione tecnica del MATTM del 18.11.2015. Si è constatato che l'adozione dell'85° percentile, oltre a risultare maggiormente rappresentativo delle condizioni di contemporaneità di afflusso del picco massimo di ciascun contaminante (condizione rappresentata dalla tabella dei valori massimi e considerata statisticamente estremamente improbabile), consente di prevedere il trattamento di tutti i composti cancerogeni, senza aggravare eccessivamente l'impianto con il trattamento spinto di metalli quali Fe e Mn, abbondantemente presenti in sito ma privi di effetti tossicologici e la cui presenza potrebbe essere attribuita anche a valori di fondo naturale (sebbene non ancora determinati dagli enti competenti).

Dall'analisi della Tabella 3.2 di pagina seguente, in cui sono riportate le concentrazioni attese da ciascuna MiSPT e in arrivo al TAF, si evince che non ci sono superamenti degli obiettivi di bonifica per i metalli (As, Fe e Mn - che però superano le CSC), mentre ci sono superamenti attesi per i composti alifatici clorurati cancerogeni (Triclorometano, Cloruro di vinile, 1,1-dicloroetilene, Tricloroetilene, Tetracloroetilene), per i composti alifatici clorurati non cancerogeni (1,2,3-tricloropropano, 1,1,2,2-tetracloroetano), clorobenzeni (Monoclorobenzene, 1,4-diclorobenzene, Esaclorobenzene).

Risulta pertanto trattare i composti alifatici clorurati cancerogeni, i composti alifatici clorurati non cancerogeni e clorobenzeni, mentre non risulta necessario trattare i metalli, per i quali si potrebbe prevedere un abbattimento generico, non quantificato per legge, al solo scopo di evitare trasferimento in massa da un corpo idrico (falda) all'altro (corpo idrico recettore superficiale).

Oltre agli analiti indicati nella tabella 3.1. sopra riportata, sullo scarico del TAF devono essere misurati anche pH, conducibilità, temperatura, potenziale redox e ossigeno disciolto.

Sarà cura dell'Autorità Competente stabilire, ai fini del rilascio dell'autorizzazione allo scarico in corpo idrico superficiale, frequenze di campionamento diverse e rispetto di limiti più o meno restrittivi in funzione di eventuali obiettivi di qualità ambientale previsti dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania.

Considerata la difficoltà di prevedere la realizzazione di uno scarico autonomo delle acque di falda trattate al TAF, sia in relazione alla presenza di interferenze che alla distanza dal mare, si è previsto di utilizzare gli scarichi del depuratore Napoli Est, sia quello principale, che recapita a mare mediante condotta sottomarina da utilizzare in condizioni usuali, sia quello di emergenza, che recapita sottocosta, da utilizzare anche nel nostro caso solo se il primo non risulti disponibile. In entrambi i casi la capienza dei collettori di recapito risulta ampiamente superiore rispetto alle necessità del TAF in oggetto.

Tale immissione è prevista a valle dei relativi pozzetti fiscali di scarico e controllo dei due impianti. Le determinazioni analitiche di controllo dello scarico dell'impianto TAF, quindi, saranno effettuate sui campioni di acque prelevati al pozzetto di ispezione e controllo, prima dell'immissione nel canale di scarico utilizzato anche dall'impianto Napoli Est.

MISPT	Valori di concentrazione attesa nelle acque in uscita dalle singole MISPT (85° percentile)						Superamenti delle CSC dei valori di concentrazione attesa nelle acque in uscita dalle singole MISPT (85° percentile)						Valori di concentrazione attesa nelle acque in ingresso al TAF (85° percentile)			Superamenti delle CSC dei valori di concentrazione attesi nelle acque in ingresso al TAF (85° percentile)			
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	FASE 1 (C+D+E)	FASI SUCC. (A+B+F)	TOT (A+B+C+D+E+F)	FASE 1 (C+D+E)	FASI SUCC. (A+B+F)	TOT (A+B+C+D+E+F)	
	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	[µg/L]	
<b>Portate MAX [l/s]</b>	<b>33,65</b>	<b>8,88</b>	<b>9,66</b>	<b>6,82</b>	<b>8,54</b>	<b>4,2</b>							<b>24,82</b>	<b>13,08</b>	<b>71,55</b>				
<b>Analita</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	<b>[µg/L]</b>	
<b>Metalli</b>	Alluminio	53,975	39,09	97,4	465	24	34,69						170,19	49,41	91,31				
	Antimonio	4,125	2,5	2,09	0,5	0,5	2,9275						1,12	3,71	2,81				
	Argento	1	1	0	0,5	1	1						0,48	1,00	0,82				
	Arsenico	17,45	8,47	41,4	10,125	10	18,97	17,45		41,4	10,125	18,97	22,25	15,88	18,09	22,2543	15,8802	18,0913	
	Berillio	0,4	0,1	1	2	0,4	0,1						1,06	0,32	0,57				
	Cadmio	0,9	0,5	1	0,5	0,5	0,5						0,69	0,79	0,76				
	Cobalto	5	5	5	1	5	5						3,93	5,00	4,63				
	Cromo totale	26,175	5,525	2	2,15	5	15,475						3,07	21,29	14,97				
	Cromo VI	2	0,5	1	0,5	2	2						1,21	1,71	1,54				
	Ferro	307,5	146,545	188,04	317,5	492	23,8	307,5		317,5	492		327,16	251,42	277,69	327,1554	251,4157	277,6890	
	Mercurio	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1						0,17	0,24	0,22				
	Nichel	12,025	4,335	10	3,95	3,61	23,8655						6,19	11,63	9,74				
	Piombo	2,525	1	5	2,725	1	1,095						3,02	2,11	2,42				
	Rame	10,625	10	10	4,725	20	10,285						12,03	10,48	11,02				
	Selenio	3,265	1,87	2,7	1	1	1,437						1,66	2,84	2,43				
	Manganese	646,425	571,2	360,4	1872,5	1400	151,9	646,425	571,2	360,4	1872,5	1400	151,9	1121,41	587,68	772,83	1121,4107	587,6832	772,8281
	Tallio	0,2	0,1	0,2	5	0,2	0,1						1,48	0,17	0,63				
	Zinco	19,625	32	17,6	7,75	21,6	19,5						16,35	21,97	20,02				
<b>Composti inorganici</b>	Boro	0	297	0	0	0	0						0,00	56,44	36,86				
	Cianuri	0	0	0	0	5	0						1,72	0,00	0,60				
	Fluoruri	0	2600	0	0	2300	0		2600		2300		791,38	494,07	597,20				
	Nitriti	0	130,85	0	0	426	0						146,58	24,87	67,09				
	Solfati	0	156,1	0	0	91	0						31,31	29,66	30,23				
<b>Composti organici aromatici</b>	Benzene	0,1	0,1	0,72	0,02	0,04	0,1						0,30	0,10	0,17				
	Etilbenzen	0,5	0,25	0,58	0,3125	0,04	0,1						0,32	0,42	0,38				
	Stirene	0,5	0,25	0,1	0,02	0,04	0,25						0,06	0,43	0,30				
	Toluene	0,5	0,25	0,88	0,02	0,062	0,1						0,37	0,42	0,40				
	p-xilene	0,5	0,25	1,36	0,13	0,085	0,25						0,59	0,43	0,49				
<b>Idrocarburi policiclici aromatici</b>	Benzo(a)antracene	0,0085	0,01	0,009	0,005	0,01	0,025						0,01	0,01	0,01				
	Benzo(a)pirene	0,0055	0,003375	0,005	0,005	0,005	0,001						0,01	0,00	0,00				
	Benzo(b)fluorantene	0,01	0,01	0,019	0,005	0,01	0,0025						0,01	0,01	0,01				
	Benzo(k)fluorantene	0,009025	0,005	0,005	0,005	0,01	0,0025						0,01	0,01	0,01				
	Benzo(g,h,i)perilene	0,005	0,0025	0,0025	0,005	0,005	0,001						0,00	0,00	0,00				
	Crisene	0,011625	0,05	0,005	0,005	0,1	0,0025						0,04	0,02	0,02				
	Dibenzo(a,h)antracene	0,005	0,0025	0,00285	0,005	0,005	0,0025						0,00	0,00	0,00				
	Indenopirene	0,007	0,0057	0,005	0,005	0,01	0,0025						0,01	0,01	0,01				
	Pirene	0,05	0,1	0,0164	0,005	0,1	0,019125						0,04	0,06	0,05				
	Sommatoria IPA	0,025	0,01	0,038	0,05	0,01	0,002						0,03	0,02	0,02				
<b>Composti alifatici clorurati cancerogeni</b>	Clorometano	0,05	0,0675	0,025	0,1	0,05	0,05						0,05	0,05	0,05				
	Triclorometano	0,05	0,05	0,079	0,28	1,6	0,01						0,66	0,05	0,26	0,6560		0,2579	
	Cloruro di vinile	2,3925	0,0935	0,11	0,04	0,207	0,025	2,3925					0,12	1,74	1,18		1,7428	1,1815	
	1,2-dicloroetano	0,05	0,1	0,05	0,03	0,04	0,1						0,04	0,06	0,06				
	1,1-dicloroetilene	0,1235	0,07335	0,098	0,02	0,04	0,1095	0,1235	0,07335	0,098	0,1095		0,06	0,11	0,09	0,0572	0,1127	0,0935	
	Tricloroetilene	2,1175	4,09	4,1	0,825	1,7	0,8615	2,1175	4,09	4,1	1,7		2,40	2,39	2,39	2,4007	2,3794	2,3868	
	Tetracloroetilene	0,05	0,1	1,156	0,3375	1,3	0,0025						0,99	0,06	0,38				
	Esaclorobutadiene	0,01	0,025	0,01395	0,02	0,04	0,01						0,02	0,01	0,02				
	Sommatoria Organoclorogenati	1	3,3015	4,2344	3,525	5,6	1,655						4,52	1,50	2,54				
<b>Composti alifatici clorurati non cancerogeni</b>	1,1-dicloroetano	2,225	0,05	0,1592	1	0,04	0,01						0,34	1,61	1,17				
	1,2-dicloroetilene	1,75	19,702	5,212	1,475	1,3	0,13695						2,87	5,02	4,27				
	1,2-dicloropropano	0,05	0,0605	0,01837	0,06	0,05	0,01						0,04	0,05	0,05				
	1,1,2-tricloroetano	0,04	0,05	0,01555	0,01	0,04	0,015						0,02	0,04	0,03				
	1,2,3-tricloropropano	1,00E-03	0,0005	0,0009	0,1	0,001	0,0005						0,027	0,001	0,010	0,0274		0,0101	
	1,1,2,2-tetracloroetano	0,109	0,05	0,01288	0,02	0,04	0,9505	0,109					0,02	0,17	0,12		0,1734	0,1216	
<b>Composti alifatici alogenati cancerogeni</b>	Tribromometano	0	0	0,0008	0	0,04	0						0,01	0,00	0,00				
	1,2-dibromometano	0	0	0	0	0,001	0						0,00	0,00	0,00				
	Dibromoclorometano	0	0	0	0	0,04	0						0,01	0,00	0,00				
	Bromodichlorometano	0	0	0	0	0,04	0						0,01	0,00	0,00				
<b>Nitrobenzeni</b>	Nitrobenzene	0	0	0	0	0	0						0,00	0,00	0,00				
	1,2-dinitrobenzene	0	0	0	0	0	0						0,00	0,00	0,00				
	1,3-dinitrobenzene	0	0	0	0	0	0						0,00	0,00	0,00				
	Cloronitrobenzene	0	0	0	0	0	0						0,00	0,00	0,00				
<b>Clorobenzeni</b>	Monoclorobenzene	0,0425	0,5	0	82,25	0,04	0						21,95	0,13	7,70				
	1,2-diclorobenzene	0,04	0,5	0	36	0,04	0						9,62	0,12	3,42				
	1,4-diclorobenzene	0,04	0,05	0,0884	39	0,04	0						10,45	0,04	3,65	10,4503		3,6501	
	1,2,4-triclorobenzene	0,04	0,5	0	3	0,04	0						0,81	0,12	0,36				
	1,2,4,5-tetraclorobenzene	0,01	0,1	0	1	0,01	0						0,27	0,03	0,11				
	Pentaclorobenzene	0,01	0,25	0	5	0,01	0						1,34	0,05	0,50				
	Esaclorobenzene	0,005	0,001	0,018	1	0,005	0						0,28	0,00	0,10	0,2754		0,0980	
<b>Fenoli e Clorofenoli</b>	2-clorofenolo	0,2	0,25	0,025	0	0,05	0,1						0,03	0,20	0,14				
	2,4-diclorofenolo	0,2	0,25	0,025	0	0,01	0,1						0,01	0,20	0,14				
	2,4,6-triclorofenolo	0,2	0,25	0,025	0	0,01	0,1						0,01	0,20	0,14				
	Pentaclorofenolo	0,05	0,25	0,05	0,1	0,05	0,025						0,06	0,					

#### 4. PROCESSO DI TRATTAMENTO

In base alle risultanze analitiche dall'acqua da trattare, riportate nel precedente paragrafo, si evince che le portate emunte dalle sei MiSPT presentano caratteristiche qualitative del tutto simili tra loro. Per tal motivo non è risultato necessario trattare una o più correnti separatamente dalle altre ma è stato previsto un unico trattamento per l'intera portata.

L'unica eccezione è rappresentata dalla possibilità che due delle sei MiSPT possano addurre, ancorchè in misura limitata, portate contenenti cloruro. Suddetto aspetto non impone un trattamento separato in quanto la presenza di cloro non inficia il processo Fenton, difatti, sebbene parte dello ione ferro possa essere "sequestrato" dal cloruro per formare complessi metallici (De Laat et al., 2004), il fenomeno assume una rilevanza assolutamente moderata e tale da non alterare il processo. Tale affermazione è suffragata dalla circostanza che i composti salini di ferro e cloro (i.e.  $\text{FeCl}_3$ ) sono sovente utilizzati come fonte di ioni ferro per lo svolgimento del processo Fenton, in alternativa al solfato ferroso. Inoltre, si evidenzia che il potenziale elettrochimico della coppia  $\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-$  è maggiore di quello della coppia  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ , pertanto la reazione di ossidazione del ferro è termodinamicamente favorita rispetto a quella dell'ossidazione dello ione cloruro.

Per quanto concerne l'arsenico invece, stanti i valori limite indicati in tab. 2, All. 5, parte IV. e tab. 3, All. 5, parte III del D. Lgs 152/06, è stato ritenuto di poterlo abbattere nel processo Fenton che generando l'idrossido ferrico fa precipitare suddetto metallo nella fase di sedimentazione. In particolare studi di settore (cfr. "*Iron-catalyzed oxidation of Arsenic (III) by Hydrogen Peroxide: pH-Dependent Formation of Oxidants in the Fenton Reaction*" e "*Groundwater Treatment using the Fenton process: Changes in Natural Organic Matter Characteristics and Arsenic Removal*") hanno rilevato come l'arsenico sia abbattuto contestualmente al processo Fenton, fino a percentuali del 100% in ambienti acidi.

Il ciclo di trattamento quindi prevede le seguenti unità di processo:

1. torrino di carico e vasca di sollevamento;
2. ossidazione avanzata con sistema Fenton per rimozione contaminanti organici e organo alogenati;
3. filtrazione su letto di carbone attivo, per rimuovere eventuali residui e/o sottoprodotti dell'ossidazione avanzata;
4. disinfezione finale con raggi UV.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi del ciclo di trattamento.

L'impianto è stato articolato su due linee di medesime caratteristiche aventi portata unitaria massima pari a circa 36,0 l/s suddetto valore è stato maggiorato di circa 5 l/s, rispetto ai volumi orari di progetto che dal torrino di carico e dalla vasca di sollevamento alimentano le fasi a valle, al fine di considerare lo smaltimento del volume eventualmente presente nella vasca di accumulo in caso di disservizio, con un massimo, quindi, pari a 41 l/s..

A tal riguardo si evidenzia, infatti, che l'impianto è stato provvisto di una apposita vasca alimentata soltanto in casi di emergenza e/o operazioni di manutenzione. Nello specifico, in occasione di malfunzionamenti o manutenzioni alle apparecchiature di una qualsiasi fase del processo, sarà possibile isolare la linea di esercizio interessata dall'avaria, ed accumulare le portate nella vasca di accumulo, per un tempo di detenzione massimo previsto di 12 ore, in cui si stima sarà possibile effettuare le necessarie operazioni per il ripristino funzionale della fase di processo.

Nei paragrafi seguenti sarà fornita una descrizione di tutte le sezioni di trattamento, dei criteri di dimensionamento e delle efficienze depurative.

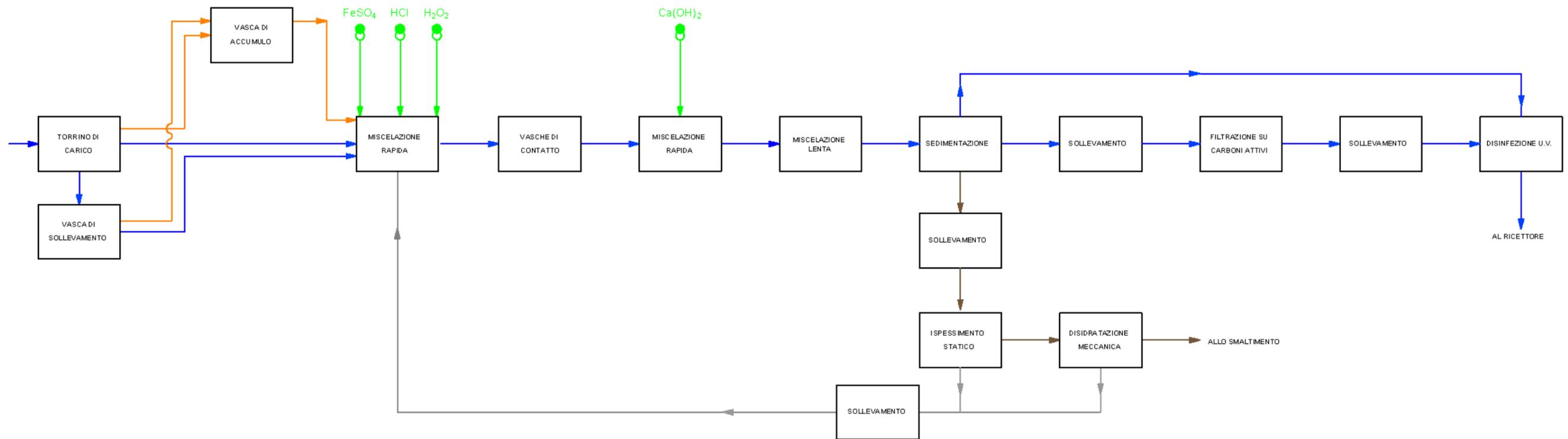
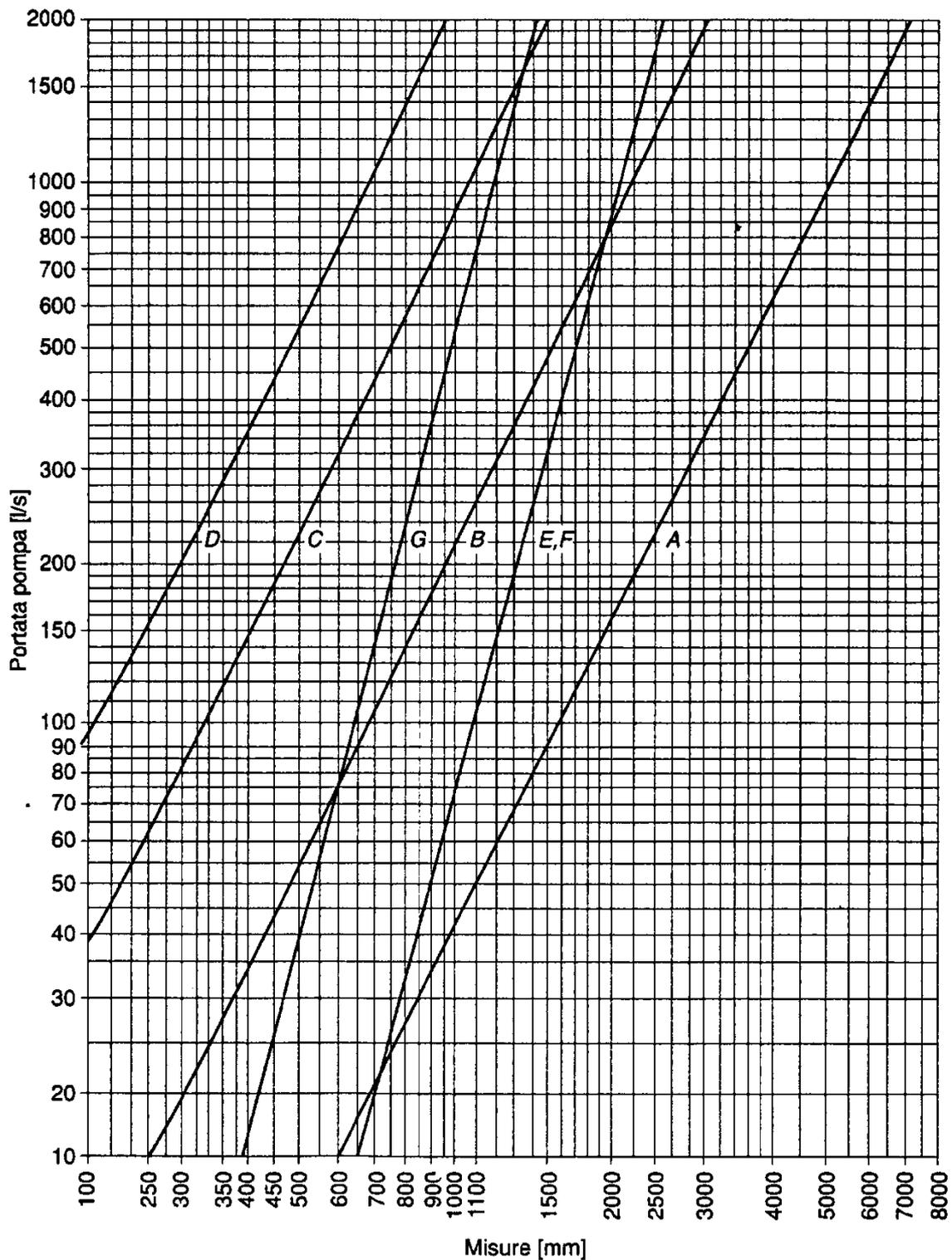


Figura 4.1 – Schema a blocchi dell'impianto di trattamento delle acque di falda.





Alla luce di quanto sopra esposto, in riferimento all'abaco ed allo schema sopra riportati si ha che la vasca avrà dimensioni in pianta di 2,60 m x 2,0 m.

Le elettropompe presenti al suo interno alimenteranno, nei minuti di interruzione dell'alimentazione principale, le due vasche di miscelazione rapida della fase di ossidazione oppure la vasca di accumulo in occasione di disservizio e/o manutenzione di una qualsiasi delle vasche della fase di ossidazione.

Adiacente alla vasca di sollevamento è previsto un pozzetto per l'alloggiamento delle valvole di ritegno a servizio di ciascuna delle tre elettropompe e delle saracinesche necessarie alla realizzazione dello schema di funzionamento previsto (cfr. diagramma di flusso)

## 4.2 OSSIDAZIONE AVANZATA

Per l'abbattimento dei composti organici e organo alogenati, è stato scelto di utilizzare una fase di ossidazione avanzata che prevede la generazione e l'impiego di radicali ossidrilici liberi ( $\text{OH}^\bullet$ ), che è in grado di ossidare fino a completa mineralizzazione i più comuni composti organici e organo alogenati (Bigda, 1995), responsabili dell'inquinamento delle acque di falda, in quanto possiede un potenziale di ossidazione elettrochimica di ben 2,80 V. Suddetto valore, con la sola eccezione dei trattamenti a base di fluoro, rappresenta il valore più alto di potenziale di ossidazione tra quelli utilizzati per l'ossidazione avanzata. Basti pensare che l'agente ossidante immediatamente di potenziale inferiore di  $\text{OH}^\bullet$  è l'ossigeno (atomico) con potenziale di 2,42 V (cfr. Metcalf & Eddy, 2006).

In particolare, il processo di ossidazione avanzata scelto è di tipo Fenton che, dopo un'attenta analisi costi-benefici, è da preferirsi ai seguenti altri metodi con cui è possibile realizzare l'ossidazione avanzata:

- $\text{O}_3/\text{UV}$  (ozono e raggi ultravioletti);
- $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$ ;
- $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ ;
- $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3/\text{UV}$ ;
- processo photo-Fenton.

Suddetto processo consente di contenere i costi di gestione dell'impianto e, al contempo, si riesce a garantire semplicità ed elasticità al processo di trattamento. In particolare si evita l'impiego dei raggi UV, i cui costi di approvvigionamento, installazione, manutenzione e funzionamento graverebbero sul bilancio economico. Allo stesso modo la produzione e l'utilizzo dell'ozono ( $\text{O}_3$ ) comporterebbe oneri gestionali sia dal punto di vista economico che tecnico superiori all'utilizzo del perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e non giustificabili dai minori ingombri e dai maggiori rendimenti ottenibili.

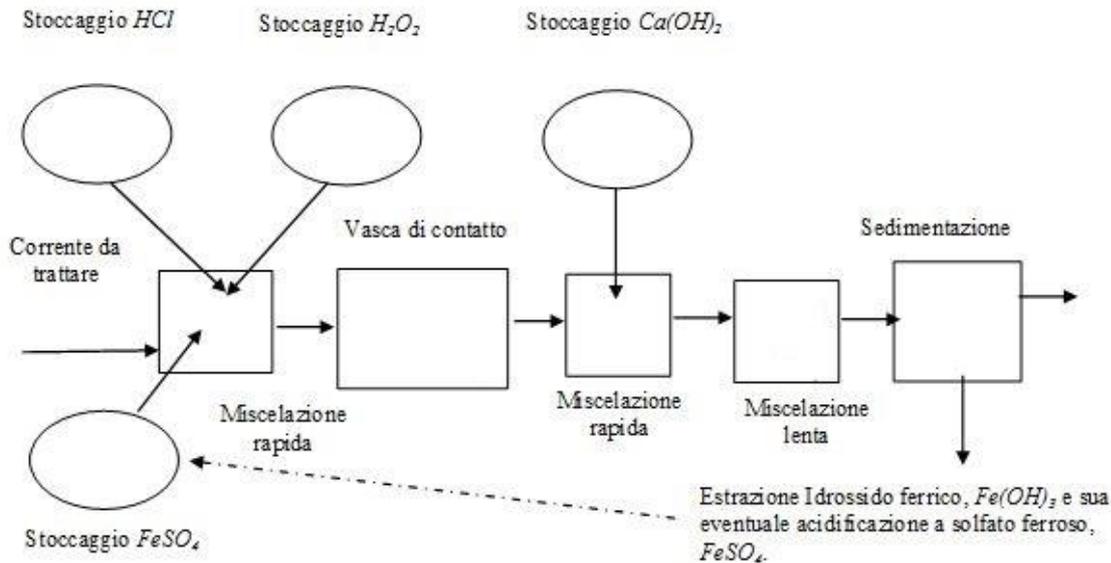
Nel caso del processo Fenton, la produzione del radicale  $\text{OH}^\bullet$  avviene a partire dal perossido di idrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), alla presenza dell'azione catalizzatrice dello ione ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), secondo la seguente reazione chimica:



Il processo di ossidazione avanzata tipo Fenton è stato dimensionato con la finalità di rimuovere dalla corrente idrica gli inquinanti organici e organo alogenati presenti in concentrazione apprezzabili, nonché l'arsenico.

In accordo con Plant and Jeff (1994) il processo Fenton avviene con un valore ottimale del pH pari a 3-4, pertanto è necessario verificare se l'acqua da trattare presenta tale caratteristica ed in caso contrario provvedere alla sua acidificazione con HCl. Al termine del trattamento con processo Fenton il pH deve essere elevato fino a 9 per assicurare la precipitazione dell'idrossido ferrico, che sarà separato dall'acqua con un processo di sedimentazione e inviato alla linea fanghi. Eventualmente, nell'ottica di contenere il quantitativo di fanghi prodotti e i costi di gestione, l'idrossido ferrico potrebbe essere acidificato con acido solforico, ridotto e riutilizzato nel processo.

Il ciclo di trattamento previsto, di seguito schematizzato, si compone, procedendo nel verso della corrente, (quindi da sinistra verso destra) di:



1. un serbatoio di stoccaggio  $HCl$ ;
2. un serbatoio di stoccaggio  $H_2O_2$ ;
3. un serbatoio di stoccaggio  $FeSO_4$
4. una vasca di miscelazione in cui i tre precedenti reattivi verranno aggiunti alla corrente idrica in trattamento di dimensioni 2.5 m x 2.5 m x 1.5m e volume utile pari a 8 m<sup>3</sup>.
5. una vasca di contatto con miscelazione lenta per reazione Fenton, di volume utile pari a 166 m<sup>3</sup> (dimensioni 12.0 m x 6.0 m e tirante idrico pari a 2.3 m, in cui si creano le condizioni ottimali per cui il radicale  $OH^{\bullet}$  possa agevolmente venire a contatto con i composti da ossidare, grazie al mescolamento lento prodotto da un sistema di miscelazione meccanico di cui la vasca è equipaggiata, e possa rimanere a contatto con la corrente idrica per un tempo non inferiore al tempo di reazione;
6. una serbatoio di stoccaggio  $Ca(OH)_2$ .
7. una vasca di miscelazione rapida, di dimensioni 2.5 m x 2.5 m x 1.50 m, in cui il  $Ca(OH)_2$  va unito e mescolato all'acqua in trattamento al fine di innalzarne il pH e pertanto favorire nella successiva fase di sedimentazione la precipitazione dell'idrossido ferrico,  $Fe(OH)_3$ ;
8. una vasca di miscelazione lenta per assicurare la formazione dei fiocchi di idrossido ferrico di dimensioni 6.0 m x 6.0 m x 2.3 m.;
9. una vasca di sedimentazione, di diametro  $D=8.5$  m e tirante idrico pari a 3.0 m, per rimuovere l'idrossido ferrico dalla fase liquida. Il fango che così viene a prodursi verrà inviato alla linea fanghi per il trattamento. A tal riguardo si evidenzia che in adiacenza alla vasca sarà realizzato un pozzetto per l'alloggiamento delle elettropompe, dimensionato secondo i criteri illustrati nel paragrafo 4.1, di dimensioni in pianta di 2,5 m x 2,0 m con altezza interna 4,45 m.

Per quanto riguarda le volumetrie della vasca di contatto, si è fatto riferimento ad un tempo di detenzione idraulica di circa 1 ora (Groundwater and Soil Remediation: Process Design and Cost Estimating of Proven Technologies, 2001). Per quanto concerne il calcolo dei rimanenti volumi, si precisa che sono stati considerati i seguenti valori dei tempi di detenzione idraulici:

- vasche di miscelazione rapida: 3 minuti ca.;
- vasca di miscelazione lenta: 30 minuti ca.;
- vasca di sedimentazione idrossido ferrico: 60 minuti ca.;

Il dosaggio di  $H_2O_2$  sarà pari a 2 volte il valore del  $COD$  (Groundwater and Soil Remediation: Process Design and Cost Estimating of Proven Technologies, 2001). Facendo riferimento ai composti organici che presentano concentrazioni significativamente elevate, nella fattispecie idrocarburi totali, il  $COD$  teorico necessario alla loro completa ossidazione, calcolato stechiometricamente, è all'incirca pari a 0,5 mg/l.

A vantaggio di sicurezza, in fase di progetto, è stato considerato un valore di  $COD$  pari a 1.5 mg/l, dal momento che tale scelta non comporta un eccessivo aggravio sui costi di gestione dell'impianto (i quantitativi di reagenti richiesti rimangono comunque modesti).

Poiché la concentrazione di  $H_2O_2$  deve essere il doppio del  $COD$ , è necessario considerare una concentrazione di perossido di idrogeno nell'acqua in trattamento non inferiore a 3 mg/l, che stante il valore massimo della portata da trattare, comporta un consumo giornaliero di 23 kg/d circa di  $H_2O_2$ .

Per quanto riguarda la quantità di solfato ferroso da aggiungere all'acqua in trattamento, valori di letteratura indicano la necessità di avere in vasca una concentrazione molare di ione ferroso pari a un decimo di quella di perossido di idrogeno. Pertanto, la concentrazione minima di solfato ferroso da assicurare in acqua è pari a 1.4 mg/l, a cui corrisponde un consumo massico giornaliero di 10.5 kg/d; la portata massica giornaliera di fango prodotto, come idrossido ferrico, è di conseguenza pari a 7.5 kg/d.

I quantitativi ( $M$ ) di  $H_2O_2$  e  $FeSO_4$  necessari giornalmente per l'esercizio del Fenton sono stati stimati moltiplicando le relative concentrazioni ( $C$ ) da assicurare in vasca di contatto per la massima portata idrica giornaliera ( $Q$ ):

$$M = Q \cdot C$$

C'è da precisare che nell'acqua da trattare, facendo fede alle analisi chimiche effettuate e riportate in allegato alla presente relazione, è disciolto un quantitativo di ione ferro (circa 0.3 mg/l) pari all'incirca alla metà di quello necessario per il Fenton (circa 0.5 mg/l), pertanto l'aggiunta di solfato ferroso potrebbe essere minore di quella stimata. Vi è comunque da considerare che le concentrazioni di ferro in falda potrebbero variare (presumibilmente diminuire) nel corso dell'emungimento delle acque sotterranee ed inoltre passando da un ambiente riducente (falda) a uno ossidante (emungimento da pozzo) parte del ferro disciolto potrebbe ossidarsi e dar luogo a precipitati, pertanto è stato considerato opportuno dimensionare tale fase supponendo che l'acqua di falda sia priva di ferro.

Il quantitativo di fango prodotto dal Fenton si ottiene dalla reazione di trasformazione del solfato ferroso a idrossido ferrico secondo cui vi è un rapporto molare di 1 a 1 tra reagente e prodotto. Pertanto, sulla base del solfato ferroso immesso in acqua è stato calcolato il fango da esso prodotto.

A valle della fase ossidativa è stato previsto il ricorso alla filtrazione su carboni attivi. La scelta di prevedere un sistema combinato Fenton - carboni attivi è dipesa dalla circostanza che suddetti filtri

- non consentono di abbattere l'arsenico
- sono caratterizzati da una probabilità moderata di adsorbimento del cloruro di vinile
- sono soggetti a sporco da parte del ferro.

Lo schema di trattamento adottato, difatti, nel complesso consente

- di abbattere il ferro evitando lo sporco dei filtri che ne ridurrebbe l'efficienza e ne determinerebbe un notevole incremento dei costi di gestione;
- di abbattere l'arsenico;
- di trattare il cloruro di vinile;

- di trattare i composti alifatici clorurati cancerogeni e non ed i clorobenzeni,
- di garantire l'eliminazione di eventuali sottoprodotti del procedimento di ossidazione avanzata.

### 4.3 FILTRAZIONE SU CARBONE ATTIVO

A valle della fase di ossidazione avanzata, per garantire la rimozione di eventuali sottoprodotti della suddetta fase è stata prevista una fase di filtrazione su carboni attivi che si basa sul fenomeno chimico di attrazione di particolari sostanze disciolte esercitata dai granuli di carbone, noto con il nome di adsorbimento.

L'adsorbimento è definito come la proprietà di alcuni materiali di fissare sulla loro superficie delle molecole (gas, ioni metallici, molecole organiche ecc.) in modo più o meno reversibile. La capacità di adsorbimento di un solido dipende dalla sua superficie specifica e dalla natura del legame adsorbito/adsorbente, essenzialmente dovuto alle forze di Coulomb e Van der Waals. Si evidenzia che il carbone attivo è l'adsorbente più utilizzato nel trattamento delle acque grazie alla sua grande versatilità.

La sezione di filtrazione su carbone attivo sarà composta da sei filtri in parallelo, tre per ciascuna linea di esercizio, più uno di riserva da utilizzare in occasione di operazioni di manutenzione ordinaria quali quelle di sostituzione dei carboni esauriti, o straordinaria qualora si verificassero malfunzionamenti di un filtro.

Il principale parametro di dimensionamento di un filtro a carbone attivo è il tempo di contatto a letto vuoto [T], dato dal rapporto tra il volume del letto filtrante [V] e la portata filtrata [Q]. Nel caso in esame tale parametro è stato posto pari a 25 ca. minuti (Metcalf&Eddy: tempo di contatto a letto vuoto tra i 5 e 30min).

La formula utilizzata è la seguente:

$$T = \frac{V[m^3]}{Q[m^3 / \text{min}]} \quad (10)$$

Pertanto i dati di dimensionamento risultano i seguenti:

Portata	l/s	82
Numero di unità		6
Diametro	mm	2500
Altezza strato di carbone	mm	4000
Superficie unitaria	m <sup>2</sup>	4,90
Superficie totale	m <sup>2</sup>	29,45
Volume di carbone unitario	m <sup>3</sup>	19,63
Volume di carbone totale	m <sup>3</sup>	117,8
Velocità di filtrazione	m/h	10
Tempo di contatto letto vuoto	min	24,0

Si osserva, inoltre, che un'acqua acida, come quella in uscita dal sistema di ossidazione avanzata, rende meno solubili i composti organici e agevola l'azione di adsorbimento esercitata dal carbone attivo.

In merito all'alimentazione dei filtri, si precisa che questa sarà effettuata grazie ad un impianto di sollevamento a servizio di ciascuna delle due linee di esercizio.

La geometria della vasca di alloggiamento delle elettropompe è stata determinata tramite l'utilizzo degli abachi già illustrati nel paragrafo 4.1 e risulta avere dimensioni nette interne in pianta di 2.5 x 2.0 m, mentre l'altezza, in base alle quote di ingresso ed uscita e le caratteristiche delle pompe è fissata in 2.40 m.

#### **4.4 DISINFEZIONE CON RAGGI ULTRAVIOLETTI**

Per la fase di disinfezione verrà realizzata una fase ad hoc per l'irraggiamento ultravioletto delle portate trattate. I raggi UV permettono la disinfezione dei reflui garantendo un'elevato rendimento battericida e virucida. Le lampade UV-C saranno installate in canale.

Assunto come dato di ingresso di Escherichia coli una concentrazione di 20.000 UFC/100 ml si prevede l'installazione di un modulo da 8 lampade per un totale di potenza installata pari a circa 4,0 kW.

#### **4.5 VASCA DI ACCUMULO**

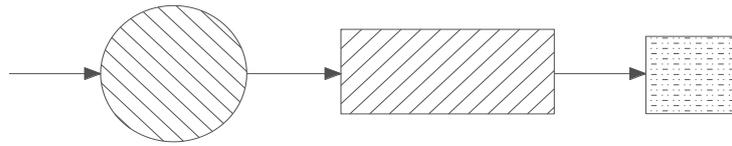
L'impianto sarà dotato di una vasca di accumulo che sarà alimentata esclusivamente in occasione di lavorazioni di manutenzione e/o di disservizio di una delle due linee di processo dell'impianto. L'alimentazione avverrà tramite la luce di fondo dedicata del torrino di carico posto a monte e dalle pompe installate all'interno della vasca di sollevamento adiacente a quest'ultimo (cfr. diagramma di flusso). La vasca di accumulo ha una configurazione a pianta quadrata di lato pari a 21,0 m e un'altezza pari a 4,0 m tale da garantire una capacità di accumulo della portata di 40 l/s per un tempo di detenzione di 12 ore. Lo svuotamento della vasca avverrà in un tempo di 48 ore (10 l/s), rilanciando il volume accumulato, tramite sollevamento, alle vasche di miscelazione.

In adiacenza alla vasca di accumulo è previsto un pozzetto per l'alloggiamento delle valvole di ritegno a servizio di ciascuna delle due elettropompe e delle saracinesche necessarie alla realizzazione dello schema di funzionamento previsto (cfr. diagramma di flusso).

#### **4.6 LINEA FANGHI**

I fanghi prodotti dalla linea acque, per poter essere conferiti a discarica, dovranno rispettare quanto indicato dall'art. 6 comma 3 del D. M. del 27 settembre 2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005", secondo il quale la concentrazione di sostanza secca non deve risultare inferiore al 25%.

Schema di processo linea fanghi:



Dove:

 = Ispessimento statico;

 = Disidratazione meccanica;

 = Accumulo fango disidratato;

È stata valutata una produzione di fango pari a 50 Kg/d di carico secco a concentrazione di circa 20 kgSST/m<sup>3</sup> (di cui 7.5 Kg/d dovuti al ferro precipitato nel processo Fenton e ulteriori 42.5 Kg/d dovuti alla precipitazione degli altri metalli presenti in acqua (e.g. manganese) che inevitabilmente co-precipiteranno con il ferro per un volume complessivo giornaliero di fango di 2.5 m<sup>3</sup>/d.

#### 4.6.1 Ispessimento statico

Per ottenere i risultati imposti da normativa si prevede in prima fase l'utilizzo di un sistema di ispessimento statico capace di portare l'umidità del fango dal 98 al 96%.

In particolare l'ispessitore in esame è di tipologia a gravità, costituito da una vasca di decantazione circolare; tale scelta è dettata dall'economicità di tale soluzione, in confronto ad apparecchiature dinamiche.

All'interno della vasca si riscontrano due zone: una parte superiore nella quale si trova l'acqua da inviare in testa alla linea acque (nella miscelazione rapida); il fondo dove vi è il fango ispessito, che viene estratto ad intervalli regolari ed inviato alla successiva fase di disidratazione meccanica.

Tale processo consente di ridurre la portata di fango da trattare, raddoppiando la concentrazione di secco. Per il dimensionamento si è adottato un carico di secco pari a 50kg/d con una concentrazione pari a 20 kgSST/m<sup>3</sup>.

Si è adottato un ispessitore statico (più uno di riserva) avente diametro di 3,00 m ed altezza di 3,00 m. Suddetta fase, nel caso di avaria della centrifuga, consentirà di stoccare i fanghi nelle more del ripristino della funzionalità della fase di disidratazione.

L'umidità in uscita è stata ritenuta pari al 96%, pertanto la concentrazione del fanghi in uscita è di 40 kgSST/m<sup>3</sup> e la portata da inviare alla disidratazione meccanica risulta essere 1.25 m<sup>3</sup>/d.

I fanghi ispessiti saranno raccolti all'interno di una vasca di accumulo da dove la pompa mono di alimentazione della centrifuga preleverà il fango da disidratare.

#### 4.6.2 Disidratazione meccanica con centrifuga

Tale fase permette il raggiungimento della palabilità del fango.

Tale sistema prevede l'immissione del fango in una camera nella quale è presente una coclea rotante ad elevata velocità. La forza centrifuga permette la separazione delle particelle solide da quelle liquide. L'estrattore centrifugo sarà dotato di rotovariante programmabile per mezzo di un inverter che consentirà la variazione in continuo dei giri differenziali della coclea.

Si prevede l'installazione di un estrattore centrifugo che consente di ottenere un fango in uscita con un'umidità massima del 75% tale da poter essere agevolmente movimentato per lo smaltimento così come previsto dall'art. 6 comma 3 del D. M. del 27 settembre 2010 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005".

Il surnatante della fase di centrifugazione, unitamente a quello della fase di ispessimento statico, alimenterà il pozzetto di rilancio che invierà quest'ultimi in testa alla fase di miscelazione rapida di HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e FeSO<sub>4</sub>. Tale pozzetto avrà dimensioni in pianta di 1,5 m x 2,0 m e altezza interna 2,30 m.

#### 4.6.3 Accumulo fanghi

Il fango disidratato prodotto dalla centrifuga, pari a 0,20 m<sup>3</sup>/d, sarà stoccato all'interno di un serbatoio di capacità 1,5 m<sup>3</sup>, che ne garantirà quindi l'accumulo settimanale.

### 4.7 SCELTA DELLE POMPE

La scelta della pompa da adottare per un determinato impianto è essenzialmente determinata dal valore della portata da sollevare, dalla prevalenza richiesta nonché dalle caratteristiche del liquido da pompare.

Nella scelta delle macchine non è stato trascurato l'aspetto energetico prediligendo l'istallazione di pompe ad elevata efficienza e con ridotti tempi di fermo per ridurre i consumi.

#### 4.7.1 Vasca di sollevamento adiacente il torrino di carico

L'installazione prevista è del tipo fissa-sommersa con piede di accoppiamento e sistema di guida.

- ✓ Tipo di sollevamento: di linea;
- ✓ Tipo di pompe: con girante inintascabile;
- ✓ n° pompe = 1+1+1;
- ✓ Potenza nominale = 4,7 kW;
- ✓ Condotte di mandata (una per pompa) = DN200 Acciaio;
- ✓ Condotta premente = DN 200 Acciaio;
- ✓ Lunghezza mandata = 7,50 m;
- ✓ Lunghezza premente = 20 m;
- ✓ ΔH geodetico = 3,0 m;
- ✓ Q sollevata dalla singola pompa = 36.1 l/s;
- ✓ V condotta = 1,05 m/s;
- ✓ ΔH (geodetico + perdite) = 6,40 m.

Le elettropompe provvederanno allo svuotamento della vasca e quindi all'alimentazione delle fasi a valle in un tempo di 3 minuti a intervalli regolari di 7 minuti.

#### 4.7.2 Vasca di accumulo

L'installazione prevista è del tipo fissa-sommersa con piede di accoppiamento e sistema di guida.

- ✓ Tipo di sollevamento: di linea;
- ✓ Tipo di pompe: con girante inintascabile;
- ✓ n° pompe = 1+1;
- ✓ Potenza nominale = 2 kW;
- ✓ Condotte di mandata (una per pompa) = DN 150 Acciaio;
- ✓ Condotta premente = DN 150 Acciaio;
- ✓ Lunghezza mandata = 7,50 m;
- ✓ Lunghezza premente = 50 m;
- ✓  $\Delta H$  geodetico = 3,00 m;
- ✓ Q sollevata dalla singola pompa = 10 l/s;
- ✓ V condotta = 0,50 m/s;
- ✓  $\Delta H$  (geodetico + perdite) = 7,70 m.

Le elettropompe provvederanno allo svuotamento della vasca e quindi all'alimentazione della fase di correzione del pH oppure delle vasche di precipitazione fasi a valle in un tempo di 48 ore.

#### 4.7.3 Vasca di alimentazione filtri

L'installazione prevista è del tipo fissa-sommersa con piede di accoppiamento e sistema di guida.

- ✓ Tipo di sollevamento: di linea;
- ✓ Tipo di pompe: con girante inintascabile;
- ✓ n° pompe = 2+1;
- ✓ Potenza nominale = 7,5 kW;
- ✓ Condotte di mandata (una per pompa) = DN200 Acciaio;
- ✓ Condotta premente = DN 200 Acciaio;
- ✓ Lunghezza mandata = 4 m;
- ✓ Lunghezza premente = 45 m;
- ✓  $\Delta H$  geodetico = 11,0 m;
- ✓  $\Delta H$  da assicurare all'alimentazione del filtro = 3,0 m;
- ✓ Q sollevata dalla singola pompa = 20,5 l/s;
- ✓ V condotta = 1,20 m/s;
- ✓  $\Delta H$  (geodetico + perdite) = 12,50 m.

Le elettropompe provvederanno all'alimentazione in continuo della fase di filtrazione su carboni attivi.

#### 4.7.4 Vasca di sollevamento a valle della filtrazione a carboni attivi

L'installazione prevista è del tipo fissa-sommersa con piede di accoppiamento e sistema di guida.

- ✓ Tipo di sollevamento: di linea;
- ✓ Tipo di pompe: con girante inintascabile;

- ✓ n° pompe = 2+1;
- ✓ Potenza nominale = 4,7 kW;
- ✓ Condotte di mandata (una per pompa) = DN200 Acciaio;
- ✓ Condotta premente = DN 250 Acciaio;
- ✓ Lunghezza mandata = 3,50 m;
- ✓ Lunghezza premente = 37,0 m;
- ✓  $\Delta H$  geodetico = 2,0 m;
- ✓ Q sollevata dalla singola pompa = 41,0 l/s;
- ✓ V condotta = 1,54 m/s;
- ✓  $\Delta H$  (geodetico + perdite) = 3,70 m.

#### 4.7.5 Pozzetto di sollevamento fanghi all'ispessimento

L'installazione prevista è del tipo fissa-sommersa con piede di accoppiamento e sistema di guida.

- ✓ Tipo di sollevamento: di linea;
- ✓ Tipo di pompe: con girante inintascabile;
- ✓ n° pompe = 1+1;
- ✓ Potenza nominale = 4,7 kW;
- ✓ Condotte di mandata (una per pompa) = DN100 Acciaio;
- ✓ Condotta premente = DN 100 Acciaio;
- ✓ Lunghezza mandata = 3,0 m;
- ✓ Lunghezza premente = 60 m;
- ✓  $\Delta H$  geodetico = 3,5 m;
- ✓ Q sollevata dalla singola pompa = 13,5 l/s;
- ✓ V condotta = 1,49 m/s;
- ✓  $\Delta H$  (geodetico + perdite) = 9,8 m.

#### 4.7.6 Pozzetto di ricircolo surnatanti

L'installazione prevista è del tipo fissa-sommersa con piede di accoppiamento e sistema di guida.

- ✓ Tipo di sollevamento: di linea;
- ✓ Tipo di pompe: con girante inintascabile;
- ✓ n° pompe = 1+1;
- ✓ Potenza nominale = 2,0 kW;
- ✓ Condotte di mandata (una per pompa) = DN100 Acciaio;
- ✓ Condotta premente = DN 100 Acciaio;
- ✓ Lunghezza mandata = 3,50 m;
- ✓ Lunghezza premente = 100 m;
- ✓  $\Delta H$  geodetico = 3,00 m;
- ✓ Q sollevata dalla singola pompa = 10,0 l/s;
- ✓ V condotta = 1,10 m/s;
- ✓  $\Delta H$  (geodetico + perdite) = 6,50 m

## **5. FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO DELLA I FASE**

In merito al funzionamento del ciclo di trattamento si evidenzia che la I Fase è caratterizzata da una portata massima pari a 24,82 l/s. Come sopra rappresentato, l'impianto è dimensionato su due linee identiche ciascuna di potenzialità di 41 l/s.

Ciò premesso, è quindi possibile trattare la fase I in una delle due linee previste. Ciò non comporta alcuna modifica al processo di trattamento per il raggiungimento degli standard imposti dal D.Lgs. 152/2006, in quanto le famiglie di inquinanti oggetto di trattamento della prima fase risultano le medesime in ipotesi di trattamento combinato delle due fasi.

In merito al funzionamento idraulico, si rappresenta che la portata prevista nella I fase è compatibile con il funzionamento temporaneo di un'unica linea.

Infatti l'invio alle fasi di trattamento dell'impianto esclusivamente di una portata pari a 24,82 l/s comporterà che, a regime, il tirante che si instaurerà all'interno del torrino di alimentazione sarà inferiore a quello in corrispondenza dell'alimentazione proveniente da tutte le MiSPT (battente sulle luci di alimentazione del torrino). La vasca di sollevamento adiacente al torrino non risulterà quindi alimentata e la linea di funzionamento attiva sarà alimentata esclusivamente dalla luce di fondo del torrino.

Le vasche dedicate al processo Fenton, ovvero vasca di miscelazione rapida  $\text{HCl} - \text{H}_2\text{O}_2 - \text{FeSO}_4$ , vasca di contatto, vasca di miscelazione rapida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , vasca di miscelazione lenta e vasca di sedimentazione saranno caratterizzate esclusivamente da tempi di detenzione superiori rispetto a quelli previsti per la corrente complessiva, il tutto a vantaggio di sicurezza.

A valle del processo Fenton è presente una vasca di sollevamento di alimentazione dei filtri a carboni attivi. Suddetta vasca è corredata di 2+1 elettropompe sommergibili tali da sollevare una portata massima pari a 41 l/s (singolarmente 20,5 l/s per pompa con funzionamento in parallelo). Il funzionamento di una sola elettropompa nella fase I, permetterà il sollevamento della relativa portata di 24,82 l/s. In particolare qualora necessario, sarà possibile grazie all'utilizzo di inverter, la regolazione della velocità e quindi della portata da sollevare.

La filtrazione su carboni attivi, è realizzata tramite il funzionamento in parallelo di 3 filtri. Le singole unità di filtrazione risultano dotate di opportune saracinesche per garantirne o meno l'alimentazione.

Al fine di garantire quindi, che il valore del tempo di contatto di letto vuoto (cfr. dimensionamento filtri) ricada nell'intervallo indicato nei testi specifici di settore (cfr. Metcalf & Eddy), ovvero dai 5 ai 30 minuti, sarà necessario esclusivamente alimentare il numero idoneo di unità di filtrazione.

Le acque trattate nei filtri defluiscono nella vasca di sollevamento comune alle due linee di esercizio. Tale vasca è corredata di 2+1 elettropompe sommergibili che garantiscono il sollevamento di una portata massima pari a 90 l/s. L'impianto di sollevamento risulta idoneo anche per il funzionamento nella fase I. In tale fase infatti potrà essere previsto il funzionamento di una sola elettropompa installata nella vasca. A tal riguardo è stato verificato che l'impianto di sollevamento garantisce, con il funzionamento di una sola elettropompa, il pompaggio di una portata pari a 45,0 l/s. La portata alimentata è di circa 25,0 l/s. Il numero medio di avviamenti orari risulta quindi, date le dimensioni della vasca, circa pari a 13. Tale valore risulta inferiore al numero massimo di avviamenti orari indicati nei testi specifici di settore ("Pompe e impianti di sollevamento. Manuale di progettazione e realizzazione").

In merito alla disinfezione, il sistema previsto prevede il trattamento di una portata pari a 95 l/s, ampiamente idoneo quindi al trattamento della portata della fase I di 24,82 l/s.

Si rappresenta, infine, che qualora all'impianto saranno addotte le portate provenienti da tutte le singole MiSPT, non si riscontrerà la presenza di famiglie di inquinanti diverse da quelle presenti nella I fase, e quindi il ciclo di trattamento risulta invariato.

## 6. EFFICACIA DEL TRATTAMENTO

L'impianto descritto nel capitolo precedente, è stato dimensionato per trattare i composti alifatici clorurati cancerogeni, i composti alifatici clorurati non cancerogeni e i clorobenzeni attesi nella portata in ingresso al TAF, ma, ovviamente, tratta allo stesso modo tutti i contaminanti organici presenti in corrente.

Nella scelta del tipo di trattamento non è stato preso in considerazione un processo photo Fenton anche con la sola radiazione solare, poiché quest'ultimo limiterebbe l'esercizio dell'impianto alle ore di luce con cielo sereno mentre l'emungimento delle acque di falda avviene in continuo per le 24 ore e per tutto l'anno, mentre l'utilizzo delle lampade U.V. è stato scartato per i motivi di carattere economico illustrati nei capitoli precedenti.

È stato calcolato il valore di tutte le masse rimosse nella fase I° (24,82 l/sec), relativamente ai soli inquinanti che necessitano di trattamento (in merito si evidenzia che non sono state inserite le masse delle altre sostanze che non necessitano di trattamento ma che vengono comunque abbattute in massa), ipotizzando un intervallo temporale di un anno e valori di concentrazione in ingresso costanti, ottenendo i seguenti risultati:

	conc.[µg/l]	conc.[mg/l]	massa (mg)	massa (g)
Arsenico	22,25	0,02	17 415 598,32	17 415,60
Triclorometano	0,65	0,00	508 770,29	508,77
1,1 dicloroetilene	0,06	0,00	46 963,41	46,96
tricloroetilene	2,41	0,00	1 886 363,68	1 886,36
1,2,3 tricloropropano	0,03	0,00	21 133,54	21,13
1,4 diclorobenzene	10,45	0,01	8 179 460,78	8 179,46
Esaclorobenzene	0,28	0,00	219 162,59	219,16
<b>totale massa rimossa</b>				<b>28 277,45</b>

E' opportuno precisare che oltre alle masse di inquinanti sopra riportati, saranno abbattuti in massa anche ulteriori analiti presenti nelle acque, appartenenti alle famiglie che vengono abbattute nel processo Fenton, che a rigore non necessiterebbero di trattamento ma che vengono inevitabilmente mineralizzati nel trattamento.

Per quanto riguarda i metalli, si precisa che non è possibile una stima precisa del quantitativo di arsenico abbattuto in quanto questo è generalmente ritenuto, nel processo Fenton, un effetto secondario. Tuttavia studi di settore (cfr. "Iron-catalyzed oxidation of Arsenic (III) by Hydrogen Peroxide: pH-Dependent Formation of Oxidants in the Fenton Reaction" e "Groundwater Treatment using the Fenton process: Changes in Natural Organic Matter Characteristics and Arsenic Removal") hanno rilevato come l'arsenico sia abbattuto contestualmente al processo, fino a percentuali del 100% in ambienti acidi. Poiché nel caso specifico si è previsto, nella fase di miscelazione rapida del processo Fenton, la formazione di un ambiente acido a pH 3-4, si può ritenere che la percentuale di abbattimento dell'Arsenico sia molto prossima al 100%.

In merito alla richiesta di "specificare da quali misure è stato rilevato il dato relativo alla concentrazione di *Escherichia coli* pari a 20.000 UFC/100 ml", si rappresenta che non sono

presenti dati analitici delle acque di falda inerenti l'Escherichia Coli. Tuttavia, essendo l'area oggetto di emungimento delle acque sotterranee caratterizzata dalla presenza diffusa di collettori fognari, si è ritenuto cautelativo prevedere l'eventualità di sversamenti accidentali di acque reflue in falda, e si è previsto un modulo standard a 8 lampade U.V. con potenzialità di trattamento delle acque fino 20.000 UFC/100 ml.

In merito alla richiesta avanzata in riunione tecnica di valutare la possibilità di acidificare e riutilizzare l'idrossido ferrico, nell'ottica di contenere il quantitativo di fanghi prodotti e i costi di gestione, si rappresenta che l'idrossido ferrico può essere acidificato e riutilizzato solo se si è sicuri della sua purezza. Per il caso di specie, l'ipotesi è da scartare poiché è plausibile prevedere che insieme al ferro co-precipitino altri metalli, tra cui l'As, che, se acidificati, ritornerebbero in soluzione.

In merito alla richiesta avanzata nella riunione tecnica del MATTM dell'8 aprile u.s., di "*indicare quali sono i prodotti presenti nel TAF e quali sono i composti per cui è previsto un monitoraggio in uscita dall'impianto di trattamento*" si precisa che:

- ✓ se per "prodotti presenti nel TAF" si intendono i reagenti utilizzati, essi sono HCl, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, FeSO<sub>4</sub> e Ca(OH)<sub>2</sub>;
- ✓ se, invece, si intendono i prodotti delle reazioni chimiche, si precisa che, come indicato nei capitoli precedenti, il processo di ossidazione avanzata Fenton è in grado di ossidare, fino a completa mineralizzazione, i più comuni composti organici e organo alogenati, quindi gli unici prodotti chimici delle reazioni di ossidazione sono CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O.

Pertanto i prodotti del TAF sono solo i fanghi chimici (idrossido di ferro con eventuali co-precipitati metallici) generati nel processo FENTON e i carboni attivi esausti.

Saranno monitorati gli elementi della tabella seguente, come riportato più in dettaglio, nella relazione specialistica sul monitoraggio.

Concentrazioni Soglia di Contaminazione - CSC (Tab.2, ALL.5, Parte IV, D.Lgs. 152/06)			Limite scarico in acque superficiali (Tab.3, All.5, parte III del D.Lgs 152/06)			Obiettivi di bonifica (modificati secondo riunione tecnica MATTM 08.04.2016)
	Analita	[µg/L]	Analita	[mg/L]	[µg/L]	[µg/L]
<b>Metalli</b>	Alluminio	200	Alluminio	≤ 1	1.000	1.000
	Antimonio	5				5
	Argento	10				10
	Arsenico	10	Arsenico	≤ 0,5	500	500
	Berillio	4				4
	Cadmio	5	Cadmio	≤ 0,02	20	20
	Cobalto	50				50
	Cromo totale	50	Cromo totale	≤ 2	2.000	2.000
	Cromo VI	5	Cromo VI	≤ 0,2	200	200
	Ferro	200	Ferro	≤ 2	2.000	2.000
	Mercurio	1	Mercurio	≤ 0,005	5	5
	Nichel	20	Nichel	≤ 2	2.000	2.000
	Piombo	10	Piombo	≤ 0,2	200	200
	Rame	1000	Rame	≤ 0,1	100	100
	Selenio	10	Selenio	≤ 0,03	30	30
	Manganese	50	Manganese	≤ 2	2.000	2.000
Tallio	2				2	
Zinco	3000	Zinco	≤ 0,5	500	500	
<b>Composti inorganici</b>	Boro	1000	Boro	≤ 2	2.000	2.000
	Cianuri	50				50
	Fluoruri	1500	Fluoruri	≤ 6	6.000	6.000
	Nitriti	500	Nitriti	≤ 0,6	600	600
	Solfati	250.000	Solfati	1000	1.000.000	1.000.000
<b>Composti organici aromatici</b>	Benzene	1	solventi organici aromatici	≤ 0,2	200	1
	Etilbenzen	50				50
	Stirene	25				25
	Toluene	15				15
	p-xilene	10				10
<b>Idrocarburi policiclici aromatici</b>	Benzo(a)antracene	0,1				0,1
	Benzo(a)pirene	0,01				0,01
	Benzo(b)fluorantene	0,1				0,1
	Benzo(k)fluorantene	0,05				0,05
	Benzo(g,h,i)perilene	0,01				0,01
	Crisene	5				5
	Dibenzo(a,h)antracene	0,01				0,01
	Indenopirene	0,1				0,1
	Pirene	50				50
Sommatoria IPA	0,1				0,1	
<b>Composti alifatici clorurati cancerogeni</b>	Clorometano	1,5				1,5
	Triclorometano	0,15				0,15
	Cloruro di vinile	0,5				0,5
	1,2-dicloroetano	3				3
	1,1-dicloroetilene	0,05				0,05
	Tricloroetilene	1,5				1,5
	Tetracloroetilene	1,1				1,1
	Esaclorobutadiene	0,15				0,15
Σ Organoclorogenati	10				10	
<b>Composti alifatici clorurati non cancerogeni</b>	1,1-dicloroetano	810	come solventi clorurati	≤ 1	1.000	810
	1,2-dicloroetilene	60				60
	1,2-dicloropropano	0,15				0,15
	1,1,2-tricloroetano	0,2				0,2
	1,2,3-tricloropropano	0,001				0,001
	1,1,2,2-tetracloroetano	0,05				0,05
<b>Composti alifatici alogenati cancerogeni</b>	Tribromometano	0,3				0,3
	1,2-dibromometano	0,001				0,001
	Dibromoclorometano	0,13				0,13
	Bromodichlorometano	0,17				0,17
<b>Nitrobenzeni</b>	Nitrobenzene	3,5	come solventi organici azotati	≤ 0,1	100	3,5
	1,2-dinitrobenzene	15				15
	1,3-dinitrobenzene	3,7				3,7
	Cloronitrobenzene	0,5				0,5
<b>Clorobenzeni</b>	Monoclorobenzene	40	come solventi clorurati	≤ 1	1.000	40
	1,2-diclorobenzene	270				270
	1,4-diclorobenzene	0,5				0,5
	1,2,4-triclorobenzene	190				190
	1,2,4,5-tetraclorobenzene	1,8				1,8
	Pentaclorobenzene	5				5
Esaclorobenzene	0,01				0,01	
<b>Fenoli e Clorofenoli</b>	2-clorofenolo	180	2 clorofenolo			180
	2,4-diclorofenolo	110	2,4 diclorofenolo			110
	2,4,6-triclorofenolo	5	2,4,6 triclorofenolo			5
	Pentaclorofenolo	0,5	pentaclorofenolo			0,5
<b>Altre sostanze</b>	PCB	0,01	PCB			0,01
	Acilammide	0,1	acrilammide			0,1
	Idrocarburi totali	350	Idrocarburi totali (n-esano)			350
	Pb tetraetile	0,1				0,1
	MTBE	20	MTBE			20

**Tabella 6.1** - Valori limiti di emissione di progetto, su cui si basa la presente verifica di conformità di scarico in corpo idrico superficiale.

## 7. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ✓ Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., & Marotta, R. (1999). Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. *Catalysis today*, 53(1), 51-59.
- ✓ Bianchi A. e , U. Sanfilippo U.. Pompe e impianti di sollevamento – manuale di progettazione e realizzaione.
- ✓ Bigda, R. J. (1995). Consider Fentons chemistry for wastewater treatment. *Chemical Engineering Progress*, 91(12).
- ✓ Bustillo-Lecompte, C. F., Knight, M., & Mehrvar, M. (2015). Assessing the performance of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as a pretreatment process in TOC removal of an actual petroleum refinery wastewater and its inhibitory effects on activated sludge. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 93(5), 798-807.
- ✓ De Laat J., Truong Le G., Legube B. (2004), A comparative study of the effects of chloride, sulfate and nitrate ions on the rates of decomposition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and organic compounds by Fe(II)/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and Fe(III)/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Chemosphere* 55, 715–723.
- ✓ Hernandez, R., Zappi, M., Colucci, J., & Jones, R. (2002). Comparing the performance of various advanced oxidation processes for treatment of acetone contaminated water. *Journal of hazardous materials*, 92(1), 33-50.
- ✓ Hofman-Caris C. H. M. & Beerendonk E. F. eds. New concepts of UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein, The Netherlands, june 2011
- ✓ Juang, L. C., Tseng, D. H., & Yang, S. C. (1997). Treatment of petrochemical wastewater by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> photodecomposed system. *Water science and technology*, 36(12), 357-365.
- ✓ Knight, M. Assessing the performance of a UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> process for removing TOC from petroleum refinery wastewater and the respirometric effects of adding UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treated wastewater to activated sludge from the refinery WWTP biological treatment process. Master Thesis, Queen’s University, Kingston, Ontario, Canada, 2008.
- ✓ Kruithof, J. C., Kamp, P. C., & Martijn, B. J. (2007). UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment: A practical solution for organic contaminant control and primary disinfection. *Ozone: Science and Engineering*, 29(4), 273-280.
- ✓ Kruithof, J., Kamp, P., & Belosevic, M. (2002). UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-treatment: the ultimate solution for pesticide control and disinfection. *Water Supply*, 2(1), 113-122.
- ✓ Marve Hyman, P.E.; R. Ryan Dupont, Ph.D. (2001). *Groundwater and Soil Remediation: Process Design and Cost Estimating of Proven Technologies*, ASCE Press.
- ✓ Plant, L., and Jeff, M., (1994) Hydrogen peroxide: a potent force to destroy organics in wastewater., *Chemical Engineering*, 101(9):16-20
- ✓ Tabrizi, G. B., & Mehrvar, M. (2004). Integration of advanced oxidation technologies and biological processes: recent developments, trends, and advances. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 39(11-12), 3029-3081.
- ✓ *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, Metcalf & Eddy, McGraw-Hill Higher Education; 4 edition, 2002.
- ✓ *Water Treatment Handbook*, Degremont Suez. Springer-Verlag; 7 edition, 2007.
- ✓ Wesley Eckenfelder W. (1999), *Industrial Water Pollution Control*, McGraw-Hill Science/Engineering/Math; 3 edition,